

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-201725

(43)公開日 平成7年(1995)8月4日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 1/16	A	7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 3 1 M
		7352-4M		5 1 6 F
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 3 1 A
審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平6-237

(22)出願日 平成6年(1994)1月6日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 藤岡 秀彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 原 真一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 梅老 隆一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 若林 忠

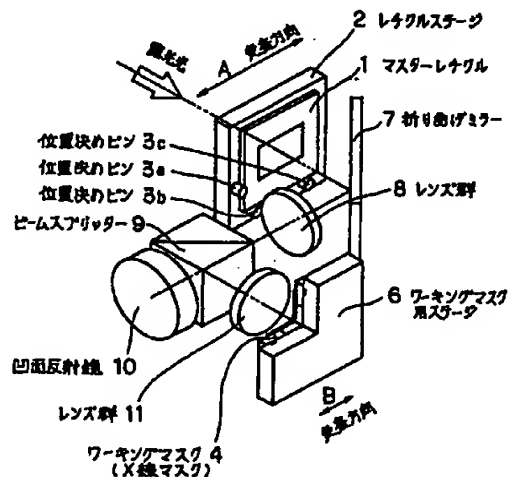
(54)【発明の名称】 X線マスク作製装置、該X線マスク作製装置によるX線マスク、および該X線マスクを用いた半導体デバイス作製方法

(57)【要約】

【目的】 X線マスクの位置精度やパターン精度が向上し、十分な解像力があって工業生産に耐える基盤対応可能なマスク作製装置を提供する。

【構成】 マスターレチクル1はレチクルステージ2上に、不図示のレチクルチャックに垂直状態で吸着保持される。レチクルステージ2は矢印A方向に移動可能な1軸ステージである。ワーキングマスク4 (X線マスク) もマスターレチクル1と同様、ワーキングマスクチャック (不図示) に垂直状態で吸着保持され、このワーキングマスクチャックを搭載するワーキングマスク用ステージ6もレチクルステージ2と同一方向 (矢印B方向) に移動可能な1軸ステージである。X線マスク作製の取り付け姿勢を水平から垂直にして、さらに、X線マスクの位置決め方法を、X線露光装置での位置決め方法と同じにしたことで、X線マスクの作製時及び露光時ににおいてX線マスクにかかる荷重条件が同一になる。

(第1の実施例)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 最小パターン寸法のN倍の線幅精度を有するマスターレチクルと、前記マスターレチクルを搭載するマスターレチクルステージと、 $1/N$ に縮小されるワーキングマスクと、前記ワーキングマスクを搭載するワーキングマスクステージと、前記マスターレチクルステージと前記ワーキングマスクステージとの間に設けられた、 $1/N$ に縮小する光学系とを備え、前記マスターレチクルステージおよび前記ワーキングマスクステージを走査しながら露光を行うX線マスク作製装置。

【請求項2】 前記ワーキングマスクへのパターンニング時における前記ワーキングマスクへかかる荷重条件を、シンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置による露光時の荷重条件とほぼ同一にした請求項1に記載のX線マスク作製装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載のX線マスク作製装置を用いて、走査露光により作製されるX線マスク。

【請求項4】 電子ビーム描画装置で作製される最小パターン寸法のN倍のマスターレチクルを作製し、請求項1または2に記載のX線マスク作製装置を用いて、走査露光で $1/N$ の請求項3に記載のX線マスクを作製し、このX線マスクをシンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置による転写工程で作製される半導体デバイスの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、シンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置に用いられるX線マスク作製装置や、該X線マスク作製装置によるX線マスクに関する。

【0002】

【従来の技術】 次世代の64MDRAMの最小線幅0.4 μ mに対応する露光装置には、従来から用いられてきた光源を1線とするステッパに、位相シフト法や変形照明法を組み合わせたものや、光源にエキシマレーザー（例えば、KrFやArF）を用いて解像力を向上させている装置がある。また、従来のステッパの露光方式は一括露光方式によるものであるのに対して、レクチルとウエハを共に走査しながら露光を行う縮小ミラー投影・ステップ&スキャン露光方式を採用した露光装置も注目されている。さらに、スルーブットに弱点のある電子ビーム（EB）露光装置もASIC等目的に応じた形で使われて行くことが予想されている。

【0003】 しかしながら、さらに次の世代の256MDRAM以降の露光装置には、前述の露光装置の改良バージョンも十分考えられるが、波長およびレンズNAから定まる解像性能の限界により、波長の短いX線を用いたX線露光装置がもっとも有力な候補となっている。

【0004】 図6は、光源に高輝度で指向性の高いシンクロトロン放射光を用いたX線リソグラフィーの概念図である。同図は、水平方向に拡がった帯上の光を有するSOR光源401とX線マスク402との間に、反射面が凸状に加工されたミラー405を配置し、このミラー405によってSOR光源401からのシートビーム状のX線404を垂直方向に拡大させることにより、X線404を垂直方向に露光領域全体に同時に照射する一括露光方式を示している。これにより、X線マスク402のパターンは、アライメント後、ウエハ403に転写される。なお、X線マスク402、ウエハ403は共に不図示のマスクチャックおよびウエハチャックに略垂直状態で保持され、この吸着保持方式については、マスクチャックが真空吸着方式あるいは電磁吸着方式で、ウエハチャックが真空吸着方式あるいは静電吸着方式を採用している。

【0005】 図7および図8に示すように、X線マスク402は、Si結晶からなるマスクパターン501、601を有するマスク基板502、602と、これを支える支持フレーム503、603とを接着した構造になっている。破線で示した2〜3本の位置決めピン504、604に対して、X線マスク402は自重によって接触して、不図示のX線露光装置の所定の位置に位置決めされる。

【0006】 一方、このX線リソグラフィーを次々世代のリソグラフィーとして位置付けて行くためには、幾つかの課題技術を実用的に工業的にブレイクスルーしていかなければならない。その中で、工業用の小型のSORリングは国内外で多くの開発が進んでいるが、もう1つのキー技術であるX線マスクは安定した供給を目指しているものの、まだ十分な成果があげられていないのが現状である。従来から、X線マスクの製造にはパターン線幅および位置決め精度が極めて高く要求されていることから、パターンニングには電子ビーム（EB）露光法がよく用いられている。この電子ビーム（EB）露光法では、X線マスクを水平状態で位置決め保持しながらマスク作製（パターンニング）を行っており、この方法では、以下の特徴がある。

【0007】 (1) 光源の短波長に伴い焦点深度が浅くなるが、X線マスク基板のパターン面の平面度は非常に高いため、特に問題にならないが、通常露光シーケンスでは、8インチ以上のウエハに対してステップ&リピート露光するため、ウエハ全面が高い平面度であるとは限らないので安定した解像力が得られない。

【0008】 (2) 1回の露光で回路パターンの転写が可能のため、アライメント装置が不要である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来例では、以下に記述するような問題点がある。

【0010】 (1) 図6で示したように、シンクロトロン

ン放射光を用いたX線露光装置において、X線マスクおよびウエハは略垂直状態で位置決め保持され、露光を行っている。一方、このX線マスクは上記説明のとおり、電子ビーム露光装置において、水平状態で位置決め保持しながらマスク作製（パターニング）を行っている。このように、X線露光時とパターニング時の取り付け姿勢（チャッキング状態）がそれぞれ露光装置の構成上異なることから、パターニング時には問題にならないX線マスクの自重変形による歪が、X線露光時には問題になっている。すなわち、露光領域において、縦方向と横方向に位置精度が異なることになることが課題となっている。

【0011】（2）電子ビーム（EB）露光装置によるパターニングは電子ビームの散乱やチャージアップのために近接効果補正の問題がある。また、描画開始時点と描画終了時点において、局所的な温度上昇による熱歪がパターン精度に悪影響を及ぼすために、1つのマスクの中で異なるパターン精度を有することになる。

【0012】以上の2点が本発明が解決しようとする主たる課題であるが、従来からX線マスク作製にかかる重要な課題として、十分な解像力があって工業生産に耐えうる量産対応の作製技術についても解決していく必要がある。

【0013】すなわち、本発明は、上記問題点を鑑みてなされたものであり、X線マスクの位置精度やパターン精度が向上し、十分な解像力があって工業生産に耐えうる量産対応可能なマスク作製装置を提供することを目的としている。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明は、最小パターン寸法のN倍の線幅精度を有するマスターレチクルと、前記マスターレチクルを搭載するマスターレチクルステージと、 $1/N$ に縮小されるワーキングマスクと、前記ワーキングマスクを搭載するワーキングマスクステージと、前記マスターレチクルステージと前記ワーキングマスクステージとの間に設けられた、 $1/N$ に縮小する光学系とを備え、前記マスターレチクルステージおよび前記ワーキングマスクステージを走査しながら露光を行うものである。

【0015】また、前記ワーキングマスクへのパターニング時における前記ワーキングマスクへかかる荷重条件を、シンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置による露光時の荷重条件とほぼ同一にした。

【0016】さらに、他の発明は、本発明のX線マスク作製装置を用いて、走査露光により作製されるX線マスクである。

【0017】そして、さらに他の発明は、電子ビーム描画装置で作製される最小パターン寸法のN倍のマスターレチクルを作製し、本発明のX線マスク作製装置を用いて、走査露光で $1/N$ の本発明のX線マスクを作製し、

このX線マスクをシンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置による転写工程で作製される半導体デバイスの作製方法である。

【0018】

【作用】上記のとおり構成された本発明では、マスターレチクルを搭載するマスターレチクルステージ、およびワーキングマスクを搭載するワーキングマスクステージを走査しながら露光を行うことにより、局所的な温度上昇による熱歪みが発生せず、高精度な回路パターンがワーキングマスクに転写され、X線マスクのパターン精度が向上する。

【0019】また、X線マスク作製時におけるワーキングマスクにかかる荷重条件を、シンクロトロン放射光を光源とするX線露光装置による露光時の荷重条件とほぼ同一にすることにより、X線マスクの位置精度が向上する。

【0020】これらの結果、高精度なX線マスク作製が可能になる。

【0021】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0022】（第1の実施例）図1は、本発明マスク作製装置の第1の実施例の特徴を最もよく表す、縮小ミラー投影スキャン型光露光装置によるX線マスクの製造方法を示す。すなわち、図1は、色収差の少ない縮小ミラー光学系を用いて、スキャン露光による大面積露光フィールドを実現するX線マスク作製装置の概略を示している。

【0023】図1に示すように、マスターレチクル1は、電子ビーム（EB）露光装置等で描かれた最小パターン寸法のN倍の線幅精度を有し、このマスターレチクル1は、レチクルステージ2上の複数本の位置決めピン3a、3b、3cに接しながら不図示のレチクルチャックに垂直状態で吸着保持される。なお、このレチクルチャックを搭載するレチクルステージ2の矢印A方向に移動可能な1軸ステージである。一方、ワーキングマスク4（X線マスク）もマスターレチクル1と同様、不図示の位置決めピンに接しながらワーキングマスクチャック（不図示）に垂直状態で吸着保持され、このワーキングマスクチャックを搭載するワーキングマスク用ステージ6もレチクルステージ2と同一方向（矢印B方向）に移動可能な1軸ステージである。このワーキングマスク用ステージ6は、光学系によって作られるマスターレチクル1の像の移動方向と同一の移動方向になるように構成されていて、走査方向に大きなストロークを有していて、走査方向に対して直角方向に小さなストロークを有するθ方向、ティルト方向可動機構を備えている。なお、このワーキングマスク4はX線露光装置で使用するX線マスクである。

【0024】ワーキングマスク用ステージ6とレチクル

ステージ2との間に設けられた反射屈折光学系の構成について、折り曲げミラー7はマスターレチクル1を通して露光光を90度曲げ、この折り曲げミラーの下流には、レンズ群8、ビームスプリッター9および凹面反射鏡10が順次設けられている。符号11は、ビームスプリッター9とワーキングマスク用ステージ6との間に設けられたレンズ群である。

【0025】以上の構成のマスク作製装置において、4:1に縮小される反射屈折光学系を通して、レチクルステージ2とワーキングマスク用ステージ6を、4:1の比で走査しながら露光することにより、高精度な回路パターンがワーキングマスク4に転写される。

【0026】本実施例では、X線マスク作製時の取り付け姿勢を水平から垂直にして、さらに、X線マスクの位置決め方法を、X線露光装置の位置決め方法と同じにしたことで、X線マスクの作製時および露光時(図6参照)においてX線マスクにかかる荷重条件が同一になり、高精度なマスク作製と自重による歪を同じにする再現性の高いリソグラフィーが可能になる。

【0027】(第2の実施例)図2は、本発明のマスク作製装置の第2の実施例にあたる縮小投影スキャン型光露光装置によるX線マスクの製造方法を示す。すなわち、図2は、像歪の少ないスリットイメージの露光領域で縮小投影光学系を用いて、スキャン露光による大面積露光フィールドを実現するX線マスク作製装置の概略を示している。同図において、図1で前述した構成要素と同一部分の説明は省略する。

【0028】図2に示すように、マスターレチクル1とワーキングマスク4との間には、高いNAを有する光学系としての縮小投影レンズ12が設けられている。このワーキングマスク4は、ワーキングマスク用ステージ6上の3本の位置決めピン3a、3b、3cに接しながら吸着保持されている。ワーキングマスク用ステージ6は、レチクルステージ2と同一方向に走査可能な一軸ステージであるとともに、インデкса13により、矢印Cで示すように、ステージ全体を90°回転が可能な機構を有する。符号14は、ワーキングマスク4を搬送し、ワーキングマスク用ステージ6に対して位置決め可能なハンドである。

【0029】上記構成にて、ワーキングマスク4はハンド14により略垂直状態で、2点鎖線で示すワーキングマスク用ステージ6へ受け渡される。このワーキングマスク4は、この状態で吸着保持されるため自重による垂直方向の歪は、受け渡し後露光装置へ90°回転して水平状態になっても保持される。マスターレチクル1の位置決め後、第1の実施例と同様、縮小投影レンズ12で縮小される比に応じてレチクルステージ2とワーキングマスク用ステージ6の速度を制御しながら走査露光することにより、高精度な回路パターンがワーキングマスク4に転写される。

【0030】本実施例では、スキャン露光によるパターンニングは、X線マスクとなるワーキングマスクの取付け姿勢が水平状態であるにも関わらず、略垂直状態で位置決め、吸着保持されるため、第1の実施例と同様、X線マスクの作製時および露光時(図6参照)においてX線マスクにかかる荷重条件は同一になる。

【0031】(第3の実施例)図3は、本発明の第3の実施例の特徴をよく表す、縮小投影スキャン型光露光装置によるX線マスクの製造方法を示す。スリットイメージで露光する方式は第2の実施例で説明したとおりである。同図においても、図1および図2で前述した構成要素と同一のものについては、その説明は省略する。

【0032】図3に示すように、ワーキングマスク4は図8で示したような円形マスクであり、このワーキングマスク4は、ワーキングマスク用ステージ6上の2本の位置決めピン3(1本の位置決めピンは不図示)に接しながら、ワーキングマスク用ステージ6に吸着保持されている。本実施例では、露光装置におけるワーキングマスク4の取付け姿勢は水平であって露光位置への受け渡しも水平状態で行なわれる。ところで、垂直状態におけるX線マスクの自重変形を水平状態で再現させる別の方法として、本実施例では、ワーキングマスク4に、その自重に相当する外力を加える機構を新たに備えていることが特徴である。すなわち、押付け部材17は、ワーキングマスク4の支持フレームの外周部2点を押す。この押付け部材17には2ヶ所の弾性ヒンジ部を設け、そこに歪ゲージ5a、5bが各々貼ってある。この歪ゲージ5a、5bからの出力を、制御回路15にて比較演算して、制御回路15は、ワーキングマスク4にその自重に相当する外力を加えるために、エアシリンダ16を制御する。このエアシリンダ16に代わるアクチュエータとしてボイスコイルモータであってもよい。

【0033】本実施例では、高精度な回路パターン転写によるX線マスクの作製を可能にしているが、X線マスク検査を電子ビーム計測装置などで行った場合においても、同様な相当外力を加えた形で行うことができる。

【0034】次に、上記説明したX線マスクをX線露光装置に適用したデバイスの製造方法について説明する。

【0035】図4は縮小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造フローを示す。ステップS1

(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップS2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップS3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップS4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次に、ステップS5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップS4によって作製されたウエハを用いて半導体チッ

ブ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップS6（検査）ではステップS5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷される（ステップS7）。

【0036】図5は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップS12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜形成する。ステップS13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS14

（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップS15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップS16（露光）では上記説明したX線マスクをX線露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。ステップS17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップS18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS19（レジスト剥離）ではエッチングで済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例の製造方法を用いることにより、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、X線露光時におけるX線マスクのチャッキング状態（取付け姿勢）が略垂直状態であることに注目して、X線マスク作製時において、X線マスクのチャッキング状態（取付け姿勢）が垂直であっても水平であっても、X線マスクの荷重条件を前記X線露光時と同一にすることで、高精度なX線マスクの作製が可能になる。

【0038】また、マスターレチクルステージおよび前記ワーキングマスクステージを走査しながら露光を行うことにより、局所的な温度上昇による熱歪みが発生せず、高精度な回路パターンがワーキングマスクに転写され、X線マスクのパターン精度が向上する。

【0039】さらに、本発明によればスキャン露光方式をとるX線マスク作製装置により、解像力が向上かつ将来の大面積露光フィールドも可能にし、量産に耐えうるX線マスクの安定供給を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のX線マスク作製装置の第1の実施例の斜視図である。

【図2】本発明のX線マスク作製装置の第2の実施例の斜視図である。

【図3】本発明のX線マスク作製装置の第3の実施例の斜視図である。

【図4】半導体デバイスの製造フローである。

【図5】図4のウエハプロセスの詳細なフローである。

【図6】X線露光装置において、シンクロトロン放射光を用いたX線リソグラフィの概念図である。

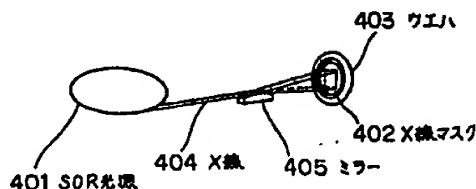
【図7】X線マスクの外観図である。

【図8】他のX線マスクの外観図である。

【符号の説明】

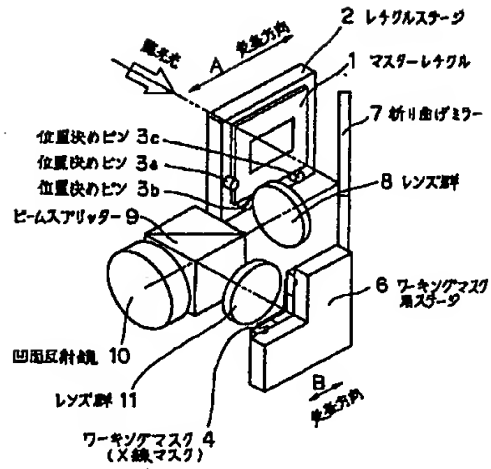
- 1 マスターレチクル
- 2 レチクルステージ
- 3, 3 a, 3 b, 3 c 位置決めピン
- 4 ワーキングマスク（X線マスク）
- 5 a, 5 b 歪みゲージ
- 6 ワーキングマスク用ステージ
- 7 折り曲げミラー
- 8 レンズ群
- 9 ビームスプリッター
- 10 凹面反射鏡
- 11 レンズ群
- 12 縮小投影レンズ
- 13 インデクサ
- 14 ハンド
- 15 制御装置
- 16 エアシリンダ
- 17 押し付け部材
- S1～S7, S11～S19 ステップ

【図6】



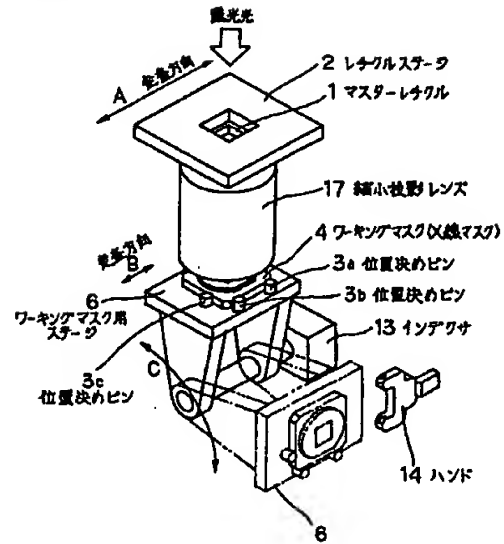
【図1】

(第1の実施例)



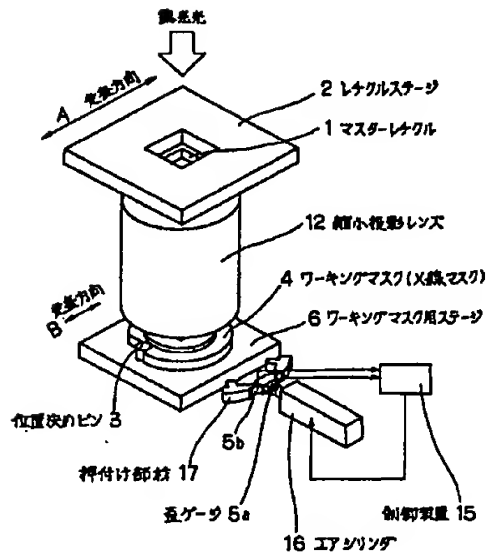
【図2】

(第2の実施例)

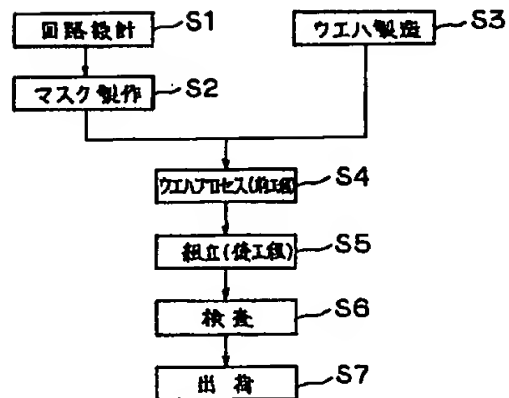


【図3】

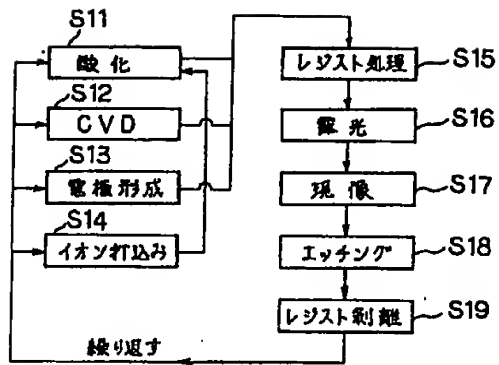
(第3の実施例)



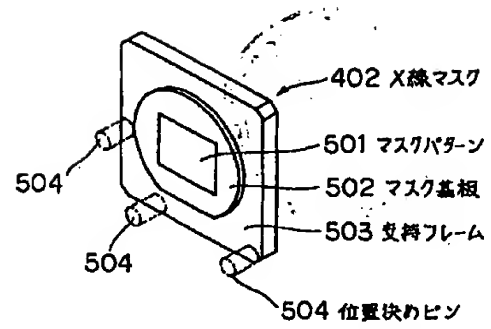
【図4】



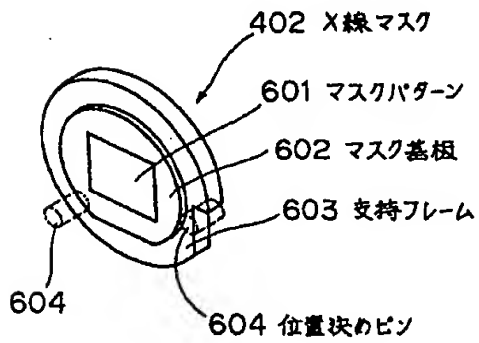
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.6

識別記号

片内整理番号
7352-4M

F I

技術表示箇所

531 S